

羟基自由基氧化 对乳清蛋白氨基酸含量的影响

崔旭海¹, 孔保华^{2,*}

(1. 枣庄学院生命科学系, 山东枣庄 277160;

2. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:主要研究了在羟基自由基氧化体系中, 不同的 H_2O_2 浓度(1~20mmol/L)和 $FeCl_3$ 浓度(0.1~2mmol/L)下对乳清蛋白羰基、氨基和氨基酸含量的影响, 每种氧化条件的氧化时间分别为 1、3、5h。结果表明: 氧化导致了蛋白中羰基含量的增加和氨基含量的降低, 并且显著地影响了乳清蛋白的氨基酸含量。同未氧化的对照组乳清蛋白相比, 总氨基酸和必需氨基酸含量均发生了明显降低, 并且随着氧化时间的增加降低越迅速。总氨基酸含量最多降低达 13%, 必需氨基酸降低达 16.2%, 尤其在 $FeCl_3$ 体系表现更为显著。同时也发现, 氨基酸的变化与羰基和氨基的变化是密切相关的。因此, 在实际生产中我们应尽量控制蛋白氧化的发生, 以减少氨基酸等营养成分的损失。

关键词:羟基自由基, 蛋白氧化, 乳清蛋白, 氨基酸, 含量

Effect of protein oxidation on content of amino acids of whey protein isolate by a free radical-generating system

CUI Xu-hai¹, KONG Bao-hua^{2,*}

(1. Department of Life Science, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China;

2. College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The objective of the present study was to investigate the effects of protein oxidation on carbonyl, free amines and the content of amino acids of whey protein isolate (WPI) after exposures to a hydroxyl radical-generating system (HRGS) in different concentrations of H_2O_2 (1~20mol/L) or $FeCl_3$ (0.1~2mmol/L) for 1, 3, 5h. The results showed that carbonyl content increased and the content of free amines decreased in oxidative conditions, and the content of amino acids were significantly influenced in different oxidative environment. Compared with the control, the content of total amino acid and some necessary amino acid greatly decreased, and the decrease was more quickly with increasing oxidative time, especially the loss was more significant in $FeCl_3$ system, the maximum of total amino acids was 13%, the maximum of the loss of necessary amino acids was 16.2%. In another side, we found that the changes of amino acids were related with the changes of carbonyl and free amines. Thus, we must adopt adaptive methods to control protein oxidation during production in order to decrease the damage to amino acids.

Key words: hydroxyl radical-generating system; protein oxidation; whey protein isolate (WPI); amino acids; content
中图分类号: TS201.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2010)10-0085-05

乳清蛋白是牛奶乳清中存在的一类蛋白质, 其必需氨基酸种类齐全、数量充足且比例适当, 是一种营养价值较高的优质蛋白^[1]。此外, 乳清蛋白因具有良好的功能性质, 如凝胶性、起泡性和乳化性, 所以被作为重要的食品组分。目前乳清正逐渐成为功能

食品、营养制品及医疗食品等的重要原料和特殊添加成分^[2-4]。由于乳及乳制品中含有较高的不饱和脂肪酸、风味物质、金属催化剂、氧化酶类以及在加工中加入的一些添加成分, 使得原料乳及乳制品非常容易发生氧化, 而氧化会引起乳品变味、变色、营养成分破坏^[5]。在肉制品的研究中发现, 氧化通常导致肉蛋白很多功能性方面的改变, 包括凝胶性、乳化性、黏性和持水性等方面的变化^[6]。同样, 乳清蛋白的氧化也将改变乳蛋白的理化性质和功能性质。乳清蛋白中的多肽链和许多氨基酸侧链对氧化非常敏感。氧化蛋白通常引起的变化是氨基酸的破坏、肽

收稿日期: 2009-03-17 * 通讯联系人

作者简介: 崔旭海(1979-), 男, 讲师, 博士, 从事乳制品的研究与开发工作。

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871818); 黑龙江省自然科学基金重点项目(ZJN0605-01)。

链的伸展、断裂、蛋白交联以及羰基的形成,进而导致其理化性质和功能性的改变^[6]。因此,研究氧化对乳清蛋白氨基酸的影响对人类的营养健康和深入了解蛋白氧化机制均有着十分重要的意义。在本实验的前期,研究了自由基氧化引起的乳清蛋白巯基、二聚酪氨酸等理化性质的变化,结果表明,氧化显著地影响了乳清蛋白的理化性质,同未氧化的对照组乳清蛋白相比,经过 5h 氧化,所有条件下的巯基损失达 40% 以上;在 20mmol/L H_2O_2 或 2mmol/L $FeCl_3$ 中,二聚酪氨酸分别增加了 5 倍和 7 倍^[7]。本文采用同样的氧化体系,进一步研究乳清分离蛋白暴露在羟基自由基产生体系后,对氨基酸变化的影响,探讨氧化剂浓度、氧化时间等不同环境条件对蛋白氨基酸组成和含量的影响规律以及与其他氧化指标之间的相互关系,进一步揭示氧化对乳清蛋白功能性影响的机制。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

乳清分离蛋白(WPI) 购于美国 Daviso 食品公司,由低温离子交换技术生产,来源于新鲜甜乳清,原料组成为蛋白 90.4%、脂肪 1.4%、水分 6.2%、灰分 2.0%,不含乳糖;氯化钠、氯化铁($FeCl_3$)、盐酸、氢氧化钠、己二胺四乙酸(EDTA)、过氧化氢(H_2O_2)、抗坏血酸(Asc) 均为分析纯,购于天津市东丽区天大化学试剂厂;丁羟基茴香醚(BHA)、Trolox(维生素 E 衍生物)、2,4-二硝基苯肼(DNPH) 均购自 Sigma 试剂公司。

L-8800 型氨基酸自动分析仪 日本日立公司;
TM 2300 全自动凯氏定氮仪 美国 FOSS 公司;
XHF-I 高速分散器 宁波新芝公司;精密电子天平
瑞士梅特勒-托利多有限公司;TU-1800 紫外可见
光分光光度计 北京普析仪器公司;DK-98-1 型电
热恒温水浴锅 天津泰斯特仪器有限公司;
LG10-24A 高速离心机 北京医用离心机厂。

1.2 实验方法

1.2.1 $Fe/H_2O_2/Asc$ (铁/过氧化氢/抗坏血酸)氧化系统的制备 该系统可以产生活性氧自由基(reactive oxygen species, ROS),为羟基自由基($\cdot OH$)产生氧化系统(A hydroxyl radical-generating system, 简称为 HRGS),主要由 $FeCl_3$ 、Asc 和 H_2O_2 通过铁的氧化还原反应而产生^[8]。

本实验主要设计两种氧化体系,均在 50mmol/L 磷酸盐缓冲液中(pH 6.0)进行。

1.2.1.1 H_2O_2 氧化体系 固定体系中 $FeCl_3$ 和 Asc 浓度,改变 H_2O_2 浓度;即 0.1mmol/L $FeCl_3$ 和 0.1mmol/L Asc, H_2O_2 浓度分别选择 1、2、5、10、15、20mmol/L。

1.2.1.2 $FeCl_3$ 氧化体系 固定体系中 H_2O_2 和 Asc 浓度,改变 $FeCl_3$ 浓度;即 10mmol/L H_2O_2 和 1mmol/L Asc, $FeCl_3$ 浓度分别选择 0.1、0.2、0.4、0.5、1、2mmol/L。

1.2.2 乳清蛋白的氧化反应 在上述两种氧化体系中分别加入乳清分离蛋白(WPI),使得蛋白的最终

浓度为 20mg/mL。然后所有样品均在 80℃ 水浴锅中恒温氧化,分别被培养 1、3、5h,使 WPI 发生不同程度的氧化。通过添加 BHA/Trolox/EDTA(使其最终浓度为 1mmol/L)来中止氧化反应。为了减少氧化试剂对测定指标的影响,氧化产物要经过 pH 6.0 磷酸盐缓冲液洗涤和离心处理(10000r/min × 5min),最后再经过冻干处理得到需要的氧化蛋白。

1.2.3 羰基含量的测定 羰基含量作为蛋白氧化的重要参数,参照 Oliver 等人^[9]的方法,并略加改动。具体如下:取 3mL 质量浓度为 20g/L 的蛋白溶液放入塑料离心管,每管中加入 1mL 的 DNPH(浓度 10mmol/L),室温下静置 1h(每 15min 旋涡振荡 1 次),添加 1mL 质量分数为 20% 三氯乙酸(TCA),然后 10000r/min 离心 5min,弃清液,用 1mL 乙酸乙酯:乙醇(1:1)洗沉淀 3 次除去没反应的试剂,加 3mL 盐酸胍溶液(6mol/L)37℃ 条件下保温 15min 溶解沉淀,10000r/min 下离心 3min 除去任何不溶物质,最后获得物在 370nm 处测吸光值。对照组开始时只加入 1mL 浓度为 2mol/L 的 HCl,而不是用 2,4-DNPH 处理,其余操作相同。使用分子吸光系数 22000 ($M \cdot cm$)⁻¹计算羰基含量,nmol 羰基(每毫克蛋白中);蛋白质量分数在 280nm 处使用 Lowry 法测定,用血清白蛋白做标准曲线。离心和弃上清液前静置 10min。

1.2.4 游离氨基的测定 采用 OPA(邻苯二甲醛)法对蛋白中自由氨基进行测定,参照管军军的方法并进行了改进^[10]。测定的样品同上述羰基测定选择的样品,准确称取 40mg 的 OPA 溶解于 1mL 的甲醇中,分别加入质量分数 20% 的 SDS 2.5mL,0.1mol/L 的硼砂 25mL 及 100 μ L β -巯基乙醇,最后用蒸馏水定容到 50mL。测定时,各取空白液、OPA 试剂 4mL 于试管中,分别注入 200 μ L(2% 蛋白溶液)样品液,混匀后于 35℃ 反应 2min,在 340nm 下测其吸光值 A_{340} ,二者之差 ΔA_{340} 为自由氨基的净吸光值。以未氧化的蛋白中自由氨基含量为 100%,其余氧化蛋白的吸光值与其比值,利用相对含量进行作图。

1.2.5 氨基酸含量的测定 不同氧化程度的乳清蛋白总氨基酸含量利用氨基酸自动分析仪测定,这里指除色氨酸以外的其它 17 种氨基酸的含量。总氨基酸含量需要盐酸水解处理。检验依据:GB/T 5009.124-2003^[11]。通过调整水分含量,凯氏定氮法测定蛋白含量,保证所有待测样品中蛋白质含量均与空白保持一致。

测定总氨基酸样品的选择:选择 HRGS 体系中不同氧化剂浓度和氧化时间的蛋白样品。 H_2O_2 体系:含有 100 μ mol/L Asc,100 μ mol/L $FeCl_3$ 和 5mmol/L H_2O_2 ; $FeCl_3$ 体系:含有 1mmol/L Asc,10mmol/L H_2O_2 和 0.5mmol/L 的 $FeCl_3$ 。氧化时间分别选择 1、3、5h。空白样品选择未经氧化的原料乳清蛋白。

1.2.6 数据统计分析方法 本实验为两次独立的重复实验,每次做 3 个平行实验。数据分析使用 Statistix 8.1 软件包中 General Linear Models 程序进行,差异显著性($P \leq 0.05$)分析采用 the Tukey test 程序,采用 Sigmaplot 9.0 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 氧化对乳清蛋白羰基含量的影响

乳清蛋白羰基含量(carbonyl content)的变化如图1所示。乳清蛋白经过氧化处理后,所有样品中羰基含量发生明显增加。在相同的氧化体系中,羰基含量随着氧化时间的增加而增加。例如,在图1a中,在1mmol/L H_2O_2 条件下氧化5h和1h比较,羰基含量约增加了1.5倍,达到27.45nmol/mg,3h和5h氧化显著高于1h氧化($P \leq 0.05$)。在相同的氧化时间,羰基含量一般随着氧化剂浓度的增加而明显增加。在图1b中,羰基含量有着和图1a类似的变化,羰基含量随着氧化时间的延长或者 $FeCl_3$ 浓度的增加而增加。但是,在氧化1h和3h比较,羰基变化较小($P > 0.05$),明显不同于图1a中的变化。在图1b中,经过5h氧化后羰基含量同未氧化对照相比有2.95~5.4倍的增加。总体比较发现, $FeCl_3$ 体系的羰基含量要显著高于 H_2O_2 体系($P \leq 0.05$),而且使用的 $FeCl_3$ 浓度要比 H_2O_2 低得多,说明乳清蛋白对 $FeCl_3$ 更敏感。

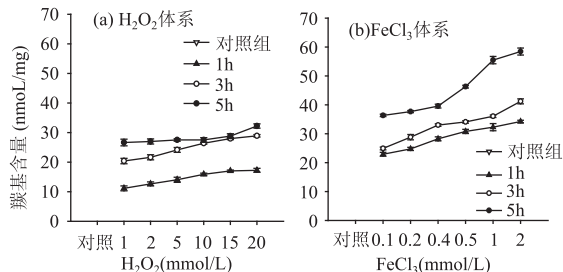


图1 自由基产生体系对WPI羰基含量的影响

在侧链上带有NH或 NH_2 的氨基酸对羟基自由基($\cdot OH$)非常敏感。在蛋白氧化过程中,这些基团被转化成羰基基团^[12-13]。在我们的实验中,最初非氧化WPI的羰基含量是9.19nmol/mg蛋白,明显高于Liu等人的报道^[14],这种差异可能是因为我们的蛋白组分含量不同所引起的。有趣的是,我们在1h氧化产生的羰基大约是Liu等人报道的2~5倍,甚至5h产生的羰基是他们24h产生羰基的4~7倍。这可能是因为,我们的氧化体系中存在更高浓度的氧化剂,并且是在80℃水浴条件下进行的反应。因此,这些条件加速了氧化的程度和强度,导致了羰基在短时间内较快的增加。同时,蛋白羰基的增加也可能靠氧化对侧链或肽键的进攻引起,靠赖氨酸和抗坏血酸反应也能引进外源性的羰基。另外,靠脂质氧化和氧化体系中抗坏血酸的加入也能增加总羰基的含量^[15]。因此,在不同氧化体系中,羰基含量存在着显著差异。

2.2 氧化对游离氨基的影响

氨基含量也作为蛋白氧化的一个重要指标。如图2所示,自由基产生体系对游离氨基含量的影响不同于羰基含量的变化模式。最初未氧化蛋白的游离氨基作为100%。从图中可以看出,两种氧化体系中相同氧化时间下随着氧化剂浓度的增加,游离氨基含量呈现出明显的降低趋势($P \leq 0.05$)。并且在相同氧化剂浓度下,随着氧化时间的增加,氨基含量

也呈现明显下降趋势,这与巯基含量的整体下降趋势是一致的^[7]。当在高浓度氧化剂条件下较长时间氧化时,其含量下降达50%之多,并且变化相对趋于平缓。同时发现,在 $FeCl_3$ 体系中经历长时间氧化(3h和5h),其含量同1h氧化相比下降更为迅速($P \leq 0.05$);而 H_2O_2 体系中,1、3h氧化时其变化不大,经历5h氧化时下降很显著($P \leq 0.05$)。但两种体系中,氨基含量的最终最低数值都在50%左右。结果表明,氧化引起了氨基含量的降低,降低的程度与体系中的氧化强度和氧化时间密切相关。游离氨基的降低也恰好证实了侧链中带有NH或 NH_2 的氨基酸参与了羰基的形成^[12],这与羰基含量的增加也是一致的。同时,本实验的结果与Morzel等人对肌原纤维蛋白氧化后游离氨基的研究结果也是一致的^[16]。

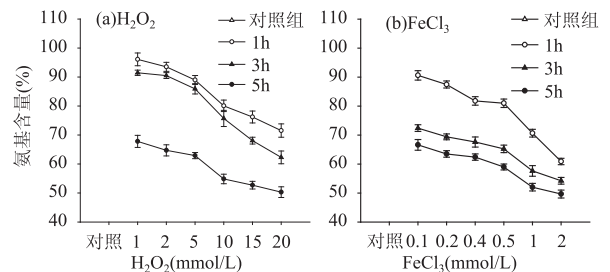


图2 自由基产生体系对WPI游离氨基含量的影响

2.3 氧化对氨基酸含量的影响

不同氧化程度蛋白总氨基酸含量变化如表1所示。同原料蛋白相比,氧化降低了蛋白的总氨基酸和必需氨基酸含量,并且几乎所有氨基酸的含量都有不同程度的降低。从表中看出,两种氧化体系中,随着氧化时间的增加,总氨基酸是明显下降的。且在 $FeCl_3$ 体系中降低更快,最多达到13%左右;在 H_2O_2 体系中最多仅达6.55%。必需氨基酸在 $FeCl_3$ 体系中最多降低了16.2%。其中酪氨酸和蛋氨酸降低较为显著($P \leq 0.5$),半胱氨酸降低也较快。5h氧化后, H_2O_2 体系中,酪氨酸和蛋氨酸含量分别下降了11.2%和13.3%,半胱氨酸含量降低了10.35%; $FeCl_3$ 体系中酪氨酸和蛋氨酸含量分别下降了26%和15.3%,半胱氨酸降低了8.76%,这可能是因为酪氨酸、蛋氨酸和半胱氨酸对氧化较为敏感导致其损失较大。尤其在 $FeCl_3$ 体系,相同氧化时间下,氧化反应更加剧烈,导致氨基酸严重损失。

从理论上说,所有氨基酸侧链都易遭受自由基和非自由基ROS攻击。同时氨基酸侧链的氧化也会导致羰基的形成。然而事实上所用的氨基酸对ROS都有不同的敏感性。其中半胱氨酸可能是最易受影响的氨基酸残基,通常它是第一个被氧化的。其它含硫氨基酸,如蛋氨酸也易被氧化形成蛋氨酸亚砷衍生物。有活性侧链的氨基酸(如巯基、硫醚、氨基、咪唑环、吡啶环)尤其易受一些氧化的脂类及其衍生物的氧化引发。因此,半胱氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、精氨酸、组氨酸和色氨酸等残基通常是经脂氧化产生的ROS攻击的目标^[17]。这恰好证实了本实验中酪氨酸、蛋氨酸和半胱氨酸对自由基氧化的敏感性更强,所以导致了这几种氨基酸更大的损失。此结果与Park对肉蛋白氧化后氨基酸含量的变化结果也是完

表1 氧化体系中不同氧化程度蛋白总氨基酸含量的变化(g氨基酸/100g粗蛋白)

氨基酸	未氧化	H ₂ O ₂ 体系氧化时间(h)			FeCl ₃ 体系氧化时间(h)		
		1	3	5	1	3	5
天门冬氨酸	10.06	9.80	9.41	9.25	9.67	9.28	8.86
苏氨酸	4.24	4.14	3.99	3.92	4.02	3.87	3.68
丝氨酸	3.38	3.25	3.19	3.14	3.11	3.05	2.88
谷氨酸	16.12	16.03	15.37	15.16	15.74	15.03	14.31
甘氨酸	1.53	1.50	1.50	1.47	1.47	1.44	1.37
丙氨酸	4.6	4.47	4.30	4.19	4.44	4.18	3.98
半胱氨酸	2.51	2.34	2.28	2.25	2.35	2.26	2.24
缬氨酸	4.44	4.35	4.29	4.21	4.34	4.14	3.89
蛋氨酸	2.03	1.82	1.86	1.76	1.75	1.77	1.75
异亮氨酸	5.05	4.96	4.79	4.72	4.93	4.59	4.37
亮氨酸	12.29	11.89	11.45	11.17	11.61	11.02	10.38
酪氨酸	3.38	3.14	3.15	3.00	2.97	2.71	2.51
苯丙氨酸	3.11	3.04	2.98	2.95	3.00	2.98	2.85
赖氨酸	9.17	8.94	8.72	8.54	8.77	7.39	6.87
组氨酸	0.67	0.66	0.45	0.46	0.70	0.67	0.66
精氨酸	1.69	1.62	1.58	1.57	1.58	1.52	1.42
脯氨酸	2.23	2.15	2.13	2.07	2.10	1.96	1.85
必需氨基酸	40.33	39.14	38.08	37.27	38.42	35.76	33.79
总氨基酸	89.28	86.99	84.43	82.73	85.35	80.4	76.21

全一致的^[18]。

此外,通过观察氨基酸谱图发现,不同氧化程度对氨基酸的总体组成成分并没有改变。观察各氨基酸图谱其保留时间和峰形变化,并没有新物质产生。同原料蛋白相比,所有氧化后的样品,无论随氧化时间的改变还是氧化体系的改变,氧化体系中蛋白的氨基酸的出峰位置和峰形并没有改变,只是每种氨基酸的强度有所差异。这也说明,氧化并未导致新的氨基酸或其衍生物的产生。

3 结论

通过以上研究发现,氧化改变了乳清蛋白原有的理化性质,如巯基含量的增加、氨基和氨基酸含量的降低,并且这三者紧密相关。氨基酸的测定结果表明,经蛋白氧化后,总氨基酸含量和许多必需氨基酸含量均发生了明显降低,随着氧化强度的增加损失越严重,尤其在 FeCl₃ 体系表现更为显著。另一方面表明,氧化没有导致新的衍生氨基酸的产生,氧化只引起了很多个体氨基酸含量的降低。综上可知,蛋白氧化在一定程度上降低了乳清蛋白的营养价值,同时对蛋白的结构和功能性质必然也会产生一定的影响,这些都需要进一步的研究。所以,在实际生产中我们应尽量控制蛋白氧化的发生,以减少氨基酸等营养成分的损失,提高人体利用率和其应用价值。

参考文献

- [1]李莹,林晓明.乳清蛋白营养特点与功能作用[J].中国食物与营养,2008(6):62-64.
- [2]Rawdkuen S, Benjakul S. Whey protein concentrate: Autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish [J]. Food Chemistry, 2008, 106: 1077-1084.
- [3]Guansekarana S, Ko S, Xiao L. Use of whey proteins for encapsulation and controlled delivery applications [J]. Journal of

Food Engineering, 2007, 83: 31-40.

- [4]贺家亮,李开雄.乳清蛋白在食品工业中的应用[J].中国食品添加剂,2008(2):65-68.
- [5]Frankel E N. Lipid Oxidation [M]. The Oily Press, Dundee, Scotland, 1998.
- [6]Liu G, Xiong Y L. Electrophoretic pattern, thermal denaturation, and in vitro digestibility of oxidized myosin [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48: 624-630.
- [7]崔旭海,孔保华.自由基氧化引起乳清蛋白理化性质变化的研究[J].中国乳品工业,2008(9):53-55.
- [8]Srinivasan S, Hultin H O. Chemical, physical, and functional properties of cod proteins modified by a nonenzymic Free-Radical-Generating System [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45: 310-320.
- [9]Oliver C N, Alin B W, Moerman E J. Age-related changes in oxidized proteins [J]. Journal of Biological Chemistry, 1987, 262: 5488-5491.
- [10]管军军,裴爱泳,等.加热方式对大豆分离蛋白-糖接枝反应的影响[J].中国油脂,2005,30(6):53-56.
- [11]中华人民共和国国家标准.食物中氨基酸的测定 GB/T5009.124-2003 [S].
- [12]Stadtman E R. Oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins by radiolysis and by metal-catalyzed reactions [J]. Annu Rev Biochem, 1993, 62: 797-821.
- [13]Sante-Lhoutellier V, Aubry L, Gatellier P. Effect of oxidation on in vitro digestibility of skeletal muscle myofibrillar proteins [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55: 5343-5348.
- [14]Liu G, Xiong Y L, Butterfield D A. Chemical, physical, and gel-forming properties of oxidized myofibrils and whey- and soy-protein isolates [J]. Journal of Food Science, 2000, 65: 811-818.
- [15]Butterfield D A, Stadtman E R. Protein oxidation processes in aging brain [J]. Advances in Cell Aging Gerontol, 1997(2):

几种植物天然提取液的抑菌作用研究

舒友菊¹, 施万胜^{1,2}, 孙 强³

(1. 洛阳理工学院环境工程与化学系, 河南洛阳 471023;
2. 中国地质大学(北京)水资源与环境学院, 北京 100083;
3. 河南省农业科学院, 河南郑州 450002)

摘要:从9种植物中筛选出对几种致病菌及青霉菌抑菌效力显著的丁香、艾叶、紫苏、青蒿、辣椒及花椒6种材料,通过二倍稀释法确定其最低抑菌浓度。结果表明:紫苏对大肠杆菌抑制力最强,其MIC为0.391%;6种提取物对金黄色葡萄球菌都有很强的抑制力,除花椒外,其他5种植物提取液的MIC均为0.391%;艾叶、辣椒、花椒对白色念珠菌有较强的抑制力, MIC为0.782%;丁香和辣椒对青霉菌的作用效果最好, MIC为0.391%。最后复配了由等量丁香、辣椒、花椒组成的防腐剂配方,其抑菌效力明显高于苯甲酸钠。

关键词:天然防腐剂, 植物提取液, 抑菌作用, 最低抑菌浓度

Study on antibacterial activity of natural extract from some plants

SHU You-ju¹, SHI Wan-sheng^{1,2}, SUN Qiang³

(1. Department of Environmental Engineering and Chemistry, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471023, China;
2. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
3. Henan Agricultural Research Institute, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Clove, Folium Artemisiae argy, perilla, Artemisia annua, Capsicum frutescens and bunge prickly ash with remarkable antibacterial activity on three kinds of pathogens and *Penicillium sp.* were selected from 9 herbs. And the minimum inhibitory concentration (MIC) of six kinds of plant extract to *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* and *Penicillium sp.* were determined through double broth dilution method. The results showed that the extract from perilla possessed the highest antibacterial activity against *E. coli* and the MIC was 0.391%. The six kinds of plant extract all had remarkable antibacterial activity on *Staphylococcus aureus*, the five of them, except for bunge prickly ash, had the same MIC of 0.391%. The extract from Folium Artemisiae argy, Capsicum frutescens and bunge prickly ash showed an efficient antibacterial activity on *Candida albicans*, the MIC was 0.782%. The extract from Clove and Capsicum frutescens possessed the highest antibacterial activity against *Penicillium sp.* and the MIC was 0.391%. Moreover, the combinatorial formulas with extract from Clove, Capsicum frutescens and bunge prickly ash exhibited a higher antibacterial activity than Sodium benzoate.

Key words: natural preservatives; plant extract; antibacterial activity; minimum inhibitory concentration (MIC)

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)10-0089-03

世界上每年因食品腐败造成巨大的资源浪费和经济损失,而食品防腐剂是防止食品腐烂变质的重要手段之一^[1-2]。目前,食品工业采用的防腐剂包括

收稿日期: 2010-05-17

作者简介: 舒友菊(1978-),女,硕士研究生,讲师,主要从事生物技术方面的研究。

天然防腐剂和化学合成防腐剂两大类。但长期的研究表明,化学合成防腐剂存在致癌性、致畸性和易引起食物中毒等问题^[3-4],影响着食品安全。而天然防腐剂不但对人体健康无害或低害,而且防腐效果完全可以与化学防腐剂相媲美。随着人们对食品安全性与环保问题的日益重视,选择从植物中寻找和提取广谱、高效、低毒、多功能的防腐剂成为当前天然

161-191.

[16] Morzel M, Gatellier P, Sayd T. Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins [J]. Meat Science, 2006, 73: 536-543.

[17] Vogt W. Oxidation of methionine residues in proteins: Tools,

targets, and reversal [J]. Free Radical Biology Medicine, 1995, 18: 93-105.

[18] Park D, Xiong Y L. Oxidative modification of amino acids in porcine myofibrillar protein isolates exposed to three oxidizing systems [J]. Food Chemistry, 2007, 103: 607-616.